

ОТЗЫВ

научного консультанта на диссертационную работу Димаки Андрея Викторовича «Нелинейные закономерности контактного взаимодействия неметаллических материалов, обусловленные вязкостью и разрушением», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела.

Сложность исследования закономерностей контактного взаимодействия в материалах и средах в значительной степени связана с его пространственно-временной многомасштабностью и нелинейностью, обусловленной процессами диссипации упругой энергии. Диссипация энергии в зоне контакта обусловлена зарождением и движением дефектов кристаллической решетки, действием вязких сил и разрушением контактирующих тел, массопереносом жидкости или газа в фильтрационном объеме пористых материалов и т.д. Нелинейный характер и взаимное влияние перечисленных процессов обуславливают актуальность установления обобщенных закономерностей отклика контактирующих тел, в том числе в сложных условиях нагружения. При этом, если в металлах и сплавах нелинейность отклика материала определяется процессами зарождения и эволюции дефектов атомного масштаба, приводящими, в том числе, к фрагментации зерен, то в материалах неметаллической природы ключевыми факторами нелинейности являются вязкость и локальное разрушение. Перечисленные факторы определяют различия закономерностей контактного взаимодействия в металлических и неметаллических материалах.

Теоретическому изучению нелинейных закономерностей взаимодействия тел в контактных парах, образованных неметаллическими материалами, посвящена диссертационная работа Димаки А.В., которая является актуальной не только в фундаментальном отношении, но и с точки зрения практических приложений. Работа Димаки А.В. представляет собой законченный научный труд, в котором решена фундаментальная научная проблема установления влияния каналов диссипации упругой энергии, обусловленных вязкостью и разрушением, на закономерности нелинейного отклика упруго деформированных тел при контактном взаимодействии. В числе прочего, показано определяющее влияние градиента профиля

шероховатости контактирующих поверхностей (а, следовательно, и кривизны поверхностей) в области реального контакта на коэффициент трения. Получены эмпирические зависимости прочности флюидонасыщенных материалов при контактном взаимодействии в условиях одноосного сжатия и стесненного сдвига от управляющей комбинации параметров. Дано исчерпывающее объяснение нелинейного характера этих зависимостей с точки зрения физико-механических процессов, протекающих в проницаемых пористых средах.

Исследования, проведенные в диссертационной работе, выполнены на высоком научно-методическом уровне с применением комплекса взаимодополняющих современных методов теоретического анализа и численного моделирования, учитывающих процессы, протекающие в объеме и на поверхности раздела контактирующих тел на нескольких пространственно-временных масштабах.

В числе наиболее актуальных и интересных результатов, впервые полученных в диссертационной работе, можно отметить следующие.

1. Получена обобщенная нелинейная зависимость коэффициента трения в паре «вязкоупругий материал – жесткое контртело» от параметров нагружения, свойств материала и параметров шероховатости поверхности контртела, имеющей фрактальный рельеф.

2. Получено обобщенное нелинейное уравнение для коэффициента трения между жестким коническим индентором, моделирующим уединенную шероховатость («single asperity»), и вязко-упругим основанием с явным учетом тепловыделения в контакте.

3. Построена обобщенная зависимость прочности упруго-хрупких пористых образцов, насыщенных жидкостью, при их одноосном сжатии от физико-механических параметров каркаса и жидкости, скорости деформации и геометрии образца. Показано, что прочность таких образцов определяется конкуренцией процессов роста порового давления жидкости при сжатии образцов и снижения порового давления за счет оттока жидкости из образца в окружающее пространство.

4. Предложен общий функциональный вид нелинейной и немонотонной зависимости прочности проницаемой упруго-пластической среды, насыщенной жидкостью, от физико-механических свойств материала

вмещающего каркаса и жидкости, а также параметров нагружения в условиях стесненного сдвига. Выявлены условия, при которых зависимость сдвиговой прочности от проницаемости приобретает не просто немонотонный, но пороговый скачкообразный характер, связанный с переходом от упруго-пластического к упруго-хрупкому поведению материала.

Практическая ценность диссертации обусловлена возможностью применения полученных обобщенных соотношений при анализе реальных контактных систем неметаллической природы. Так, полученная обобщенная зависимость коэффициента трения в паре «вязко-упругий материал – шероховатое контртело с фрактальным профилем» может быть использована для оценивания сил трения в контактах с широким спектром пространственных и временных масштабов взаимодействия. На основе полученных результатов возможно описание процесса износа упруго-хрупких тел вращения в широком диапазоне скоростей скольжения и нормальных нагрузок для различных физико-механических параметров контактирующей пары как в режиме малоамплитудных тангенциальных осцилляций (фреттинг), так и при продолжительном скольжении (режим износа gross-slip). Возможности модели позволяют прогнозировать динамику износа, что является важным для оценивания износостойкости узлов машин и механизмов. Результаты моделирования деформирования и разрушения упруго-хрупких флюидонасыщенных образцов применимы при прогнозировании прочностных свойств проницаемых горных пород, насыщенных жидкостью или газом. Результаты изучения зависимости сдвиговой прочности упруго-пластического флюидонасыщенного материала могут быть использованы в задачах анализа условий и динамики приближения состояния высоконапряженных фрагментов разломных зон к критическому.

Постановка задач и весь объем научных исследований, проведенных в диссертационной работе, выполнены соискателем самостоятельно или при его непосредственном участии. А.В. Димаки, несомненно, является высококвалифицированным специалистом, способным решать современные проблемы механики деформируемого твердого тела на высоком научном уровне.

Результаты диссертационной работы в полной мере опубликованы в периодических изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК РФ, а также в журналах, включенных в библиографические базы цитирования Web of Science и Scopus. Результаты работы докладывались на многочисленных международных конференциях, проводимых в России и за рубежом.

Полагаю, что по актуальности, объему выполненных исследований, достоверности и новизне результатов, их научной и практической значимости, обоснованности выводов и количеству публикаций работа Димаки Андрея Викторовича полностью отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Российской Федерации к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела.

Научный консультант:

Ведущий научный сотрудник лаборатории
компьютерного конструирования материалов
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института физики прочности
и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук,
доктор физико-математических наук



Е.В. Шилько

Подпись Е.В. Шилько заверяю:

Ученый секретарь Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института физики
прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук,
доктор технических наук, доцент



В.С. Плешанов